

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.021

А. И. Бракович, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
В. Л. Колесников, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОМПЛЕКС «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РИСКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ЛОКАЛЬНЫХ ЗОНАХ ТЕРРИТОРИЙ»

В статье представлена математическая основа и приведены особенности разработки комплекса компьютерных обучающих и контролирующих информационно-аналитических систем для изучения и анализа экологических ситуаций при техногенных и иных воздействиях, состоящего из трех программных средств: «Комплексная оценка качества выпускаемой предприятием продукции во взаимосвязи с его антропогенным воздействием на окружающую среду», «Моделирование загрязнения ограниченных зон территорий», «Предотвращение и самоликвидация аварийных ситуаций в производственном комплексе».

This article describes the mathematical basis and features of the development of the computer-based training and monitoring information and analysis systems for the study and analysis of the environmental situation in the technological and other influences. It consists of three software tools: «Composite desirability function for evaluation of the product quality in the relationship with anthropogenic impacts on the environment», «Modelling pollution restricted areas of the territory», «Prevention and self-liquidation of emergency situations in the industrial enterprise».

Введение. Территории, для которых разрабатываются системы локального мониторинга, чаще всего представляют собой промплощадки одного или нескольких соседних предприятий, на которых компактно сосредоточен многочисленный производственный и обслуживающий персонал. Важность объективной оперативной информации о загрязнении окружающей среды в районе промышленных предприятий с точки зрения защиты работающих там людей вынуждает принимать решения о выделении больших финансовых средств на организацию сбора такой информации.

Эффективность локального мониторинга и обработки полученной информации определяется необходимостью учета вклада всех многочисленных источников загрязнения. Чтобы оценить экологическую обстановку в таких условиях, требуется разработка и применение сложных информационных сетей с большим числом датчиков. Между тем, организация сбора информации, как правило, создается интуитивно, эвристическими методами с большой долей субъективизма, опирающегося на профессиональный опыт.

Все многообразие взаимодействий и взаимовлияний параметров друг на друга и на выходные характеристики проекта умозрительно просто невозможно охватить, а тем более оценить количественно. Поэтому компьютерный анализ с помощью математической логики по-

зволяет автоматически, программно генерировать, просматривать, сравнивать и оценивать по многим признакам сотни тысяч вариантов критических ситуаций [1, 2].

Основная часть. Целью данной работы являлось создание компьютерных обучающих программных средств «Моделирование и оценка рисков экологических ситуаций в локальных зонах территорий» для системы подготовки и переподготовки экологических кадров Республики Беларусь и использования в промышленной сфере.

Компьютерный комплекс «Моделирование и оценка рисков экологических ситуаций в локальных зонах территорий» состоит из 3 программных средств:

- «Комплексная оценка качества выпускаемой предприятием продукции во взаимосвязи с его антропогенным воздействием на окружающую среду»;
- «Моделирование загрязнения ограниченных зон территорий»;
- «Предотвращение и самоликвидация аварийных ситуаций в производственном комплексе».

Приложение «Комплексная оценка качества выпускаемой предприятием продукции во взаимосвязи с его антропогенным воздействием на окружающую среду» разработано на языке Java с использованием объектно-ориентированного подхода на базе платформы Eclipse.

Категория продукта / Образец	Прочность	Пластичность	Влагопрочность	Загрязнение водоема	Загрязнение атмосферы	Комплексная оценка
1	0,8113	0,0366	0,0646	0,0000	0,0002	0,0020
2	0,9943	0,0234	0,6831	0,9004	0,9256	0,4319
3	0,9973	0,0013	0,9692	0,0000	0,1572	0,0142
4	0,9986	0,0047	0,2870	0,7019	0,1572	0,1774
5	0,0020	0,3305	0,7121	0,8588	0,1572	0,1373
6	0,0035	0,3536	0,9632	0,9861	0,1572	0,1696
7	0,7863	0,1740	0,5227	0,9599	0,1572	0,4060
8	0,0000	0,9921	0,1013	0,8035	0,7878	0,0143
9	0,8113	0,5605	0,0284	0,1157	0,0058	0,0980
10	0,9231	0,9683	0,9690	0,7396	0,1572	0,6214
11	0,0000	0,6041	0,9994	0,0140	0,8234	0,0068
12	0,0384	0,1944	0,5720	0,2734	0,5147	0,2219
13	0,1013	0,8075	0,6477	0,0096	0,7463	0,1975
14	0,0000	0,0545	0,5515	0,2745	0,5147	0,0079
15	0,9579	0,9905	0,2306	0,9841	0,7878	0,7186
16	0,4790	0,1727	0,7711	0,5730	0,7231	0,4841
17	0,0123	0,3093	0,4705	0,9858	0,8234	0,2662
18	0,9280	0,5799	0,9918	0,7209	0,5147	0,7195
19	0,0080	0,0008	0,8111	0,8990	0,8063	0,0827
20	0,9968	0,0012	0,6308	0,0000	0,7878	0,0071

Рис. 1. Главное окно интерфейса разработанной программы многокритериального оценивания работы предприятия

Математической основой данного программного средства является комплексная функция желательности. Для обобщенного критерия предлагается модифицированное выражение для среднего геометрического:

$$D_i = \left(\prod_{j=1}^p d_{ij}^{\delta_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^p \delta_j}, \quad (1)$$

где d_{ij} – частные функции желательности, полученные по формулам, приведенным в [1]; δ_j – статистический вес (важность) j -го критерия.

На рис. 1 представлен общий вид интерфейса программы для комплексной оценки функционирования производственного объекта в совокупности с окружающей средой.

В левом нижнем окне перечисляются критерии, по которым будет осуществляться комплексная оценка. Одновременно выбирается вид нормирующих функций: с одно- или с двусторонними ограничениями [1].

Рассмотрен пример для производственного комплекса утилизации волокнистых отходов, когда в качестве критериев оценки выбраны показатели качества готовой продукции: прочность, пластичность и влагопрочность, а также критерии загрязнения окружающей среды: загрязнение водоема и загрязнение атмосферы.

Установлено, что условия производственного процесса с номерами 15 и 18 обеспечивают оптимальное соотношение показателей качества продукции и минимальное загрязнение окружающей среды.

Программное средство позволяет:

- осуществлять настраивание функции желательности для каждого исследуемого показателя;
- рассчитывать обобщенный показатель качества для разнородных показателей качества.

Вторым разработанным программным средством является «Моделирование загрязнения ограниченных зон территорий». В качестве программной среды использовалось приложение Adobe Flash CS3.

Математической основой программного средства является стандартная методика [3], применяемая для расчета приземных концентраций загрязняющих веществ (C_m). Основной формулой для расчета является:

$$C_m = \frac{AMFmnr1f}{H^2 \sqrt[3]{V_1 dT}}, \quad (2)$$

где A – параметр, который характеризует неблагоприятные климатические метеорологические условия, для Беларуси $A = 160$; M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F – безразмерный коэффициент; для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания наиболее крупных фракций которых не превышает 3–5 см/с, $F = 1$; V_1 – объем газовой воздушной выброса, м³/с; H – высота источника выброса, м; dT – разность температуры между выбрасываемым веществом и окружающей средой; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия вы-

хода газозооушной смеси из устья источника выброса; r/f – безразмерный коэффициент, принимается $r/f = 1$, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км; в других случаях поправка на рельеф устанавливается на основе анализа карт [3].

Сама карта представляет собой мозаику из объектов класса `movieclip`. Все эти объекты разбиты на подтипы и размещены в различных слоях для иерархии видимости. Основными типами являются `forest_` (леса), `ground_` (земля), `water_` (вода), `zcity_` (урбосистемы). Именно эти четыре базовых типа используются в дальнейшем при комплексной оценке качества территорий. Для того чтобы смоделировать загрязнение путем выбросов вредных веществ в атмосферу, необходим источник или источники, в нашем случае ими являются абстрактные предприятия. Они имеют такой же вид, как и кнопка, и при попадании на карту не меняют свой размер в зависимости от масштаба. Точное размещение на карте осуществляется перетаскиванием предприятий при нажатой клавише мыши.

Для расчета загрязняющих веществ на местности каждое предприятие имеет ряд параметров, таких как температура выброса, его объем и т. д. Для изменения этих параметров для каждого предприятия можно вызвать окно, в котором и осуществляются данные изменения. Для расчета загрязнений в каждой точке карты используется функция `Crazlik()`. Для прорисовки линий загрязнений в окне программы есть кнопка «Построить». При нажатии на нее запускается цикл, который обходит всю

карту с небольшим шагом и в каждой точке рассчитывает суммарное загрязнение от всех источников, присутствующих на карте. Цвет линии зависит от того, в какой диапазон из шести попала данная территория. Значения для каждого диапазона выводятся после каждого построения на динамическую легенду и соответствуют долям ПДК.

Программное средство представляет собой геоинформационную систему, выполняющую экологический мониторинг конкретной местности. Источником загрязнения в данном случае являются промышленные объекты, характеризующиеся определенными параметрами (объем выброса, его температура и т. д.). В свою очередь, остальные объекты на виртуальной карте обладают различными атрибутами в зависимости от типа объекта (например, плотность древостоя для лесных массивов, закустаренность для открытых пространств и т. д.) [2].

После моделирования аварийной ситуации на промышленном объекте составляется карта загрязнений и проводится комплексная оценка всех объектов на карте с учетом фактора загрязнения (см. рис. 2).

Третьим разработанным программным средством является «Предотвращение и самоликвидация аварийных ситуаций в производственном комплексе».

Программное средство создано при помощи языка программирования Javascript и технологии HTML5. Технологическая схема была нарисована в элементе HTML5 Canvas с помощью встроенных функций для рисования графических примитивов.

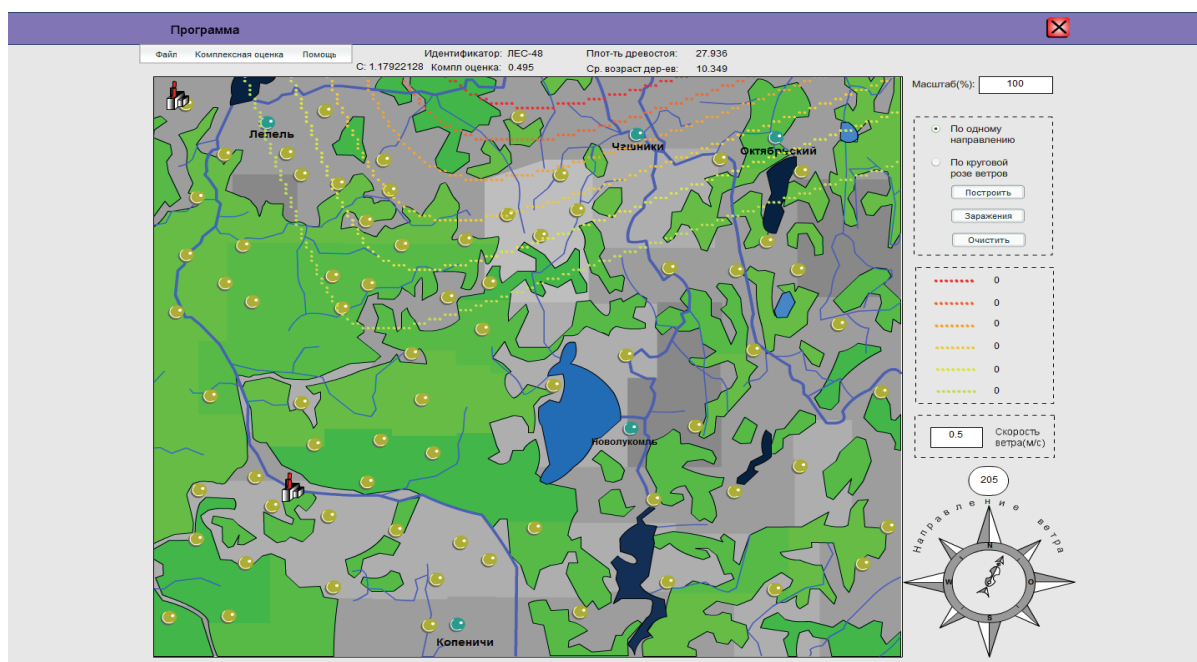


Рис. 2. Пример оценки территорий с учетом фактора загрязнения

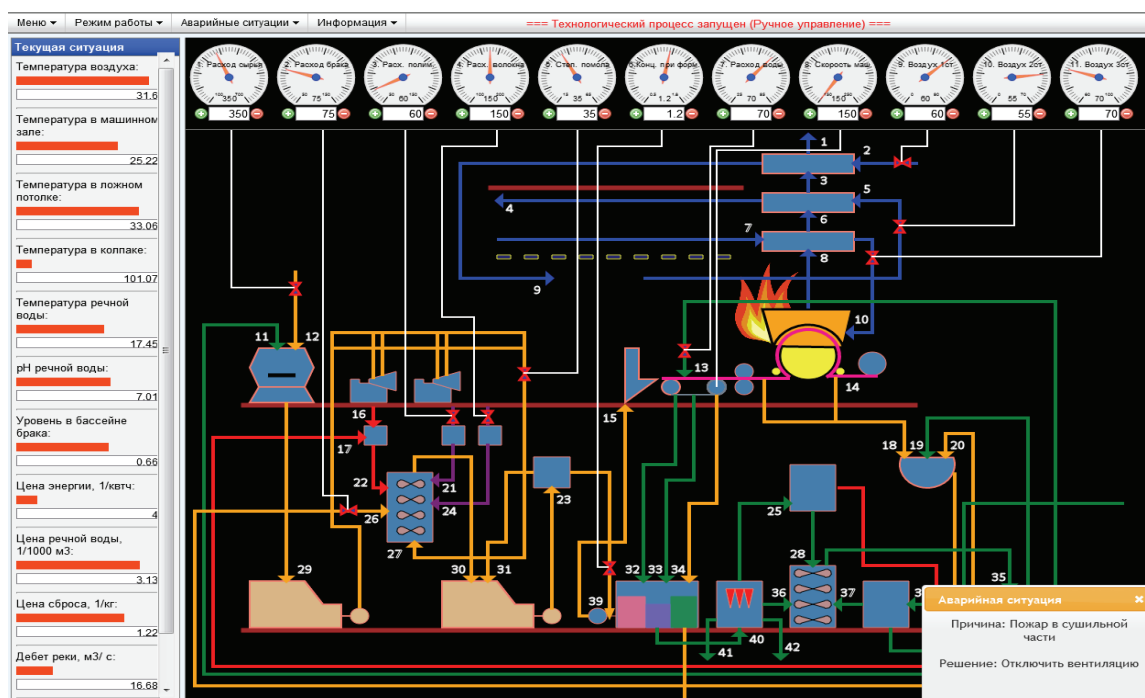


Рис. 3. Обработка аварийной ситуации в созданном приложении

Математической основой является теория рисков и теория принятия решений в условиях неопределенности и рисков. Все объекты на технологической схеме имеют соответствующие им переменные в сценариях JavaScript. Следовательно, имеется возможность изменять в течение времени состояние этих переменных, что отражается визуально на схеме.

Главное окно приложения состоит из технологической схемы со стрелочными приборами-индикаторами, которые отображают значения различных датчиков и положение вентилялей. Также присутствует главное меню и информационная колонка с выводом текущих параметров технологического процесса.

Для того чтобы приступить к работе, необходимо установить нужные настройки, а далее следует выбрать режим работы (автоматический или ручной). Если выбран автоматический режим, то в зависимости от текущих внешних факторов будут запускаться соответствующие аварийные ситуации, при этом пути их разрешения будут отображаться в информационных окнах (см. рис. 3).

Разработанное приложение позволяет в автоматическом и ручном режимах моделировать аварийные ситуации и следить за их разрешением. Также предоставляется визуальное сопровождение ситуации и ее пояснение.

Заключение. В статье представлена математическая основа и приведены особенности разработки комплекса компьютерных обучающих и

контролирующих информационно-аналитических систем для изучения и анализа экологических ситуаций при техногенных и иных воздействиях. Комплекс состоит из 3 программных средств: «Комплексная оценка качества выпускаемой предприятием продукции во взаимосвязи с его антропогенным воздействием на окружающую среду», «Моделирование загрязнения ограниченных зон территорий», «Предотвращение и самоликвидация аварийных ситуаций в производственном комплексе».

Литература

1. Brakovich, A. Mathematical foundations of composite desirability function for evaluation of the product quality in the relationship with anthropogenic impacts on the environment / A. Brakovich, V. Kolesnikov, P. Urbanovich // Информатика, автоматика, измерения в промышленности и охране окружающей среды. 4а. – 2012. – Р. 36–39.
2. Бракович, А. И. Компьютерное обучающее программное средство «Моделирование загрязнения ограниченных зон территорий» / А. И. Бракович, В. Л. Колесников // Труды БГТУ. – 2012. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 152–155.
3. ОНД 86 – Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 82 с.

Поступила 07.03.2013